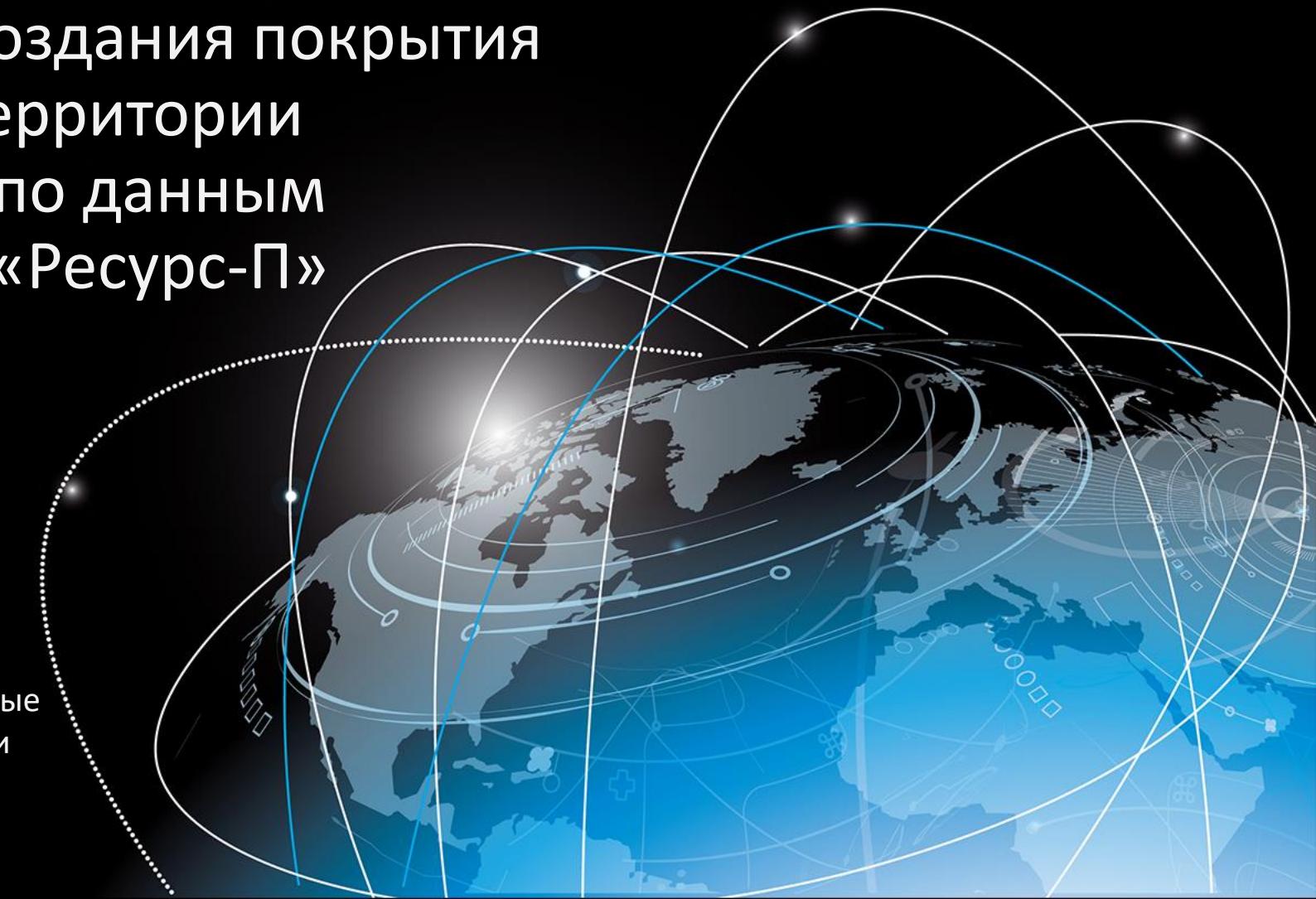


Проблемные вопросы создания покрытия высокого разрешения территории Российской Федерации по данным космического аппарата «Ресурс-П»

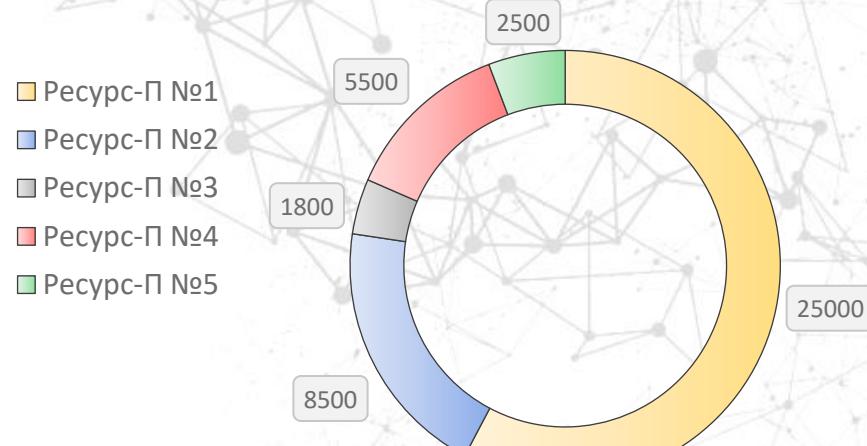
А.Н. Марков, А.И. Васильев, А.А. Михеев,
А.В. Крылов, А.А. Артамонов,
И.Д. Мурашова, А.А. Пестряков

АО «Российские космические системы»,
Научный центр оперативного мониторинга
Земли (Москва)

XXIII Международная конференция «Современные
проблемы дистанционного зондирования Земли
из космоса»
(10 – 14 ноября 2025 г., г. Москва)



КОЛИЧЕСТВО МАРШРУТОВ СЪЕМКИ*

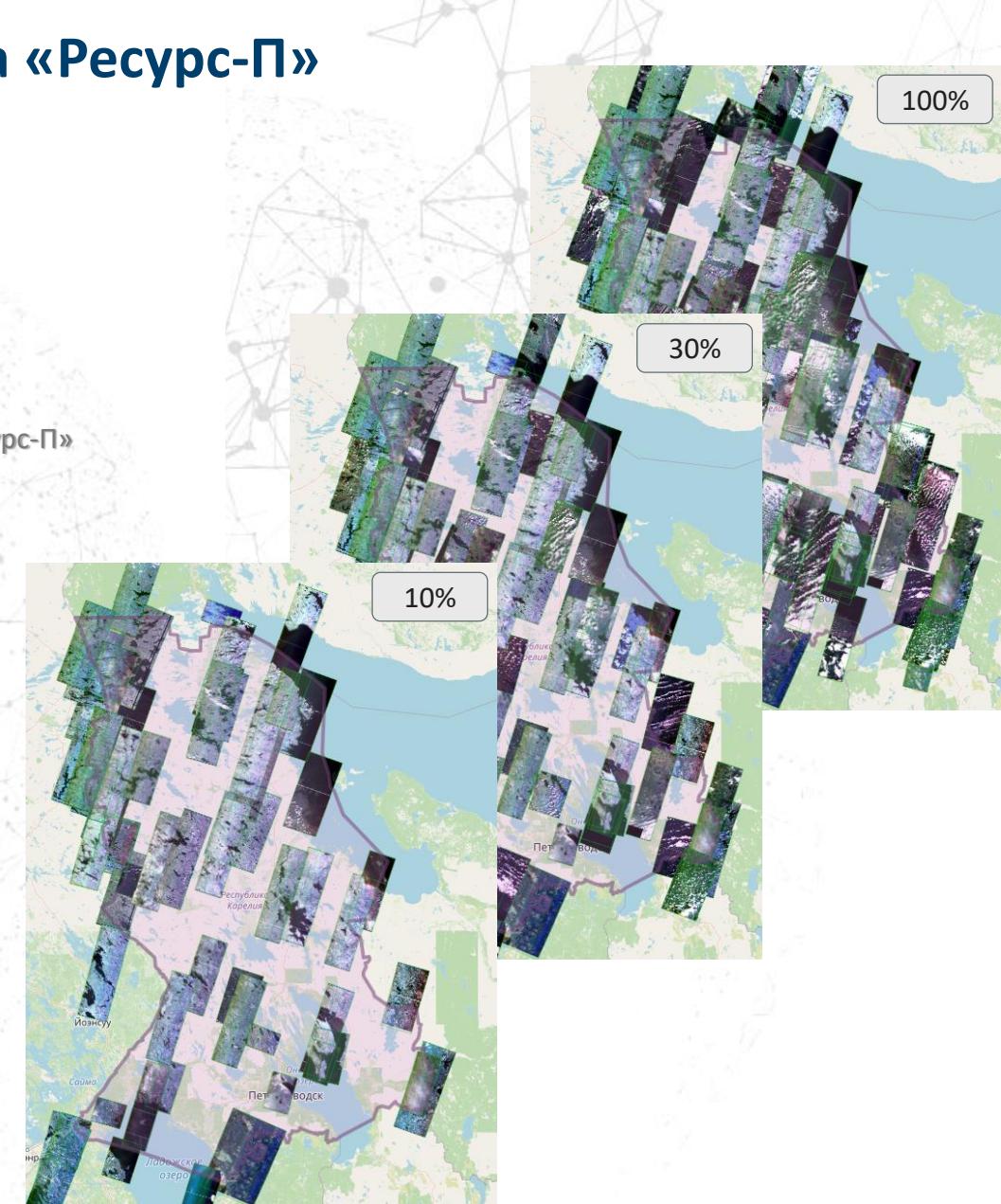


КА типа «Ресурс-П»

Космический аппарат	Диапазон съемки**, мкм	Пространственное разрешение**, м	Полоса захвата**, км	Диапазон дат съемки**
Ресурс-П №1	0,58 – 0,80			2013 – 2021
Ресурс-П №2	0,45 – 0,52			2014 – 2018
Ресурс-П №3	0,52 – 0,60			2016 – 2017
Ресурс-П №4	0,61 – 0,68	0,7 – ПХ 3 – МС	38	2024 – н.в.
Ресурс-П №5	0,67 – 0,70			2025 – н.в.
	0,70 – 0,73			
	0,72 – 0,80			
	0,80 – 0,90			

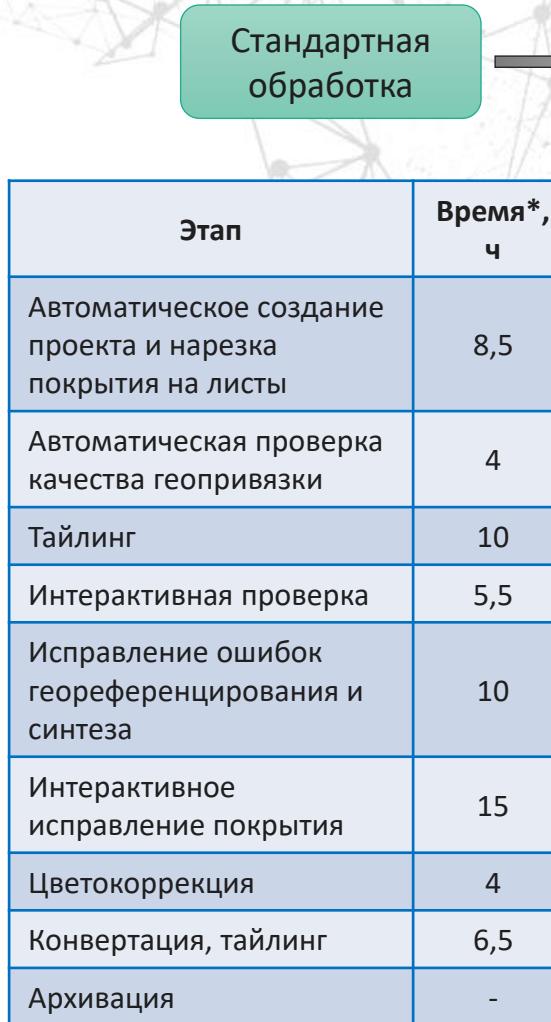
* Из анализа архивов данных в геопортале Госкорпорации «Роскосмос»: <https://gptl.ru>.

** Сайт Госкорпорации «Роскосмос»: <https://www.roscosmos.ru>.

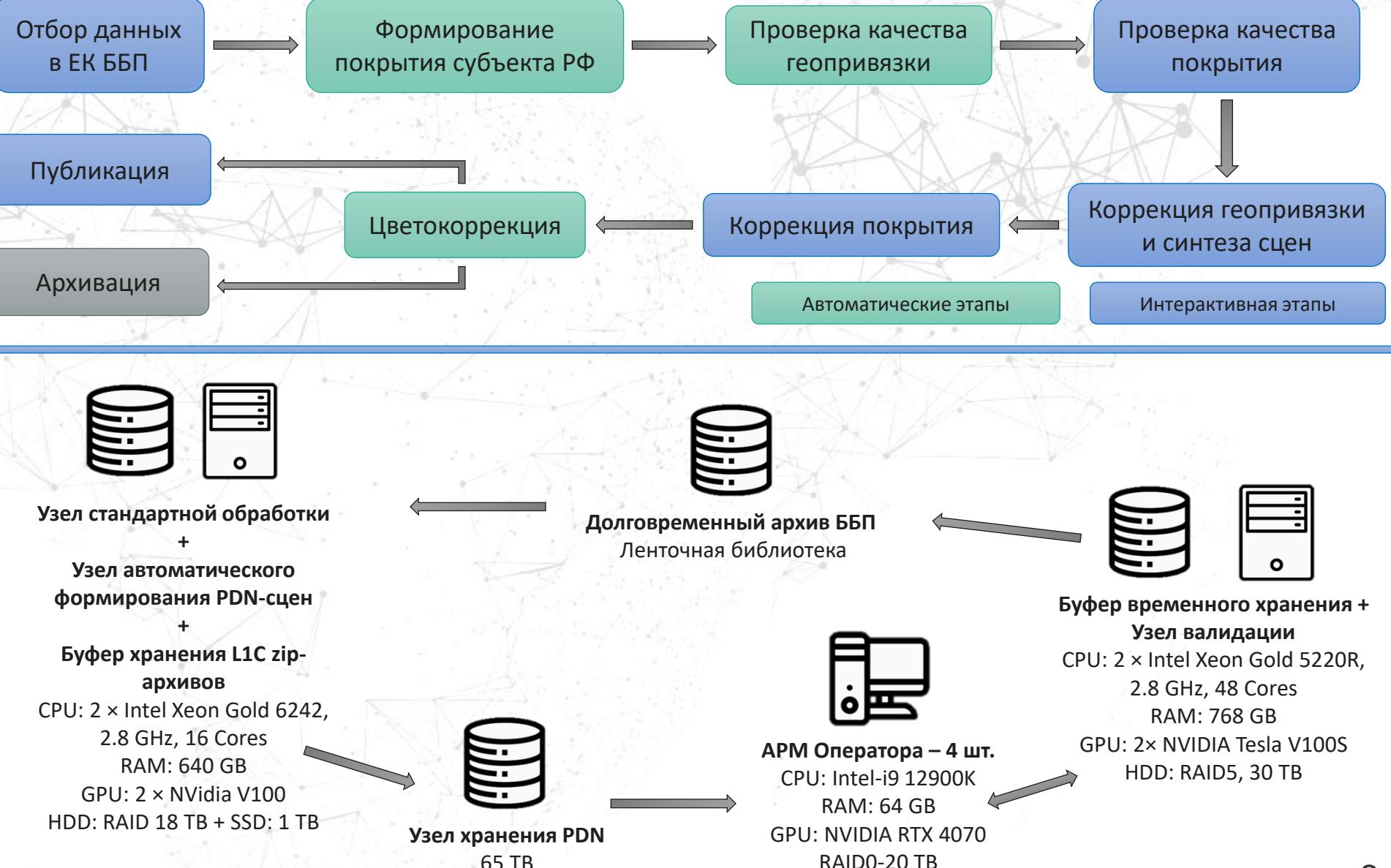


Визуализация отобранных маршрутов съемки региона интереса с учетом процента облачности

Структурно-технологическая схема процессов создания покрытия

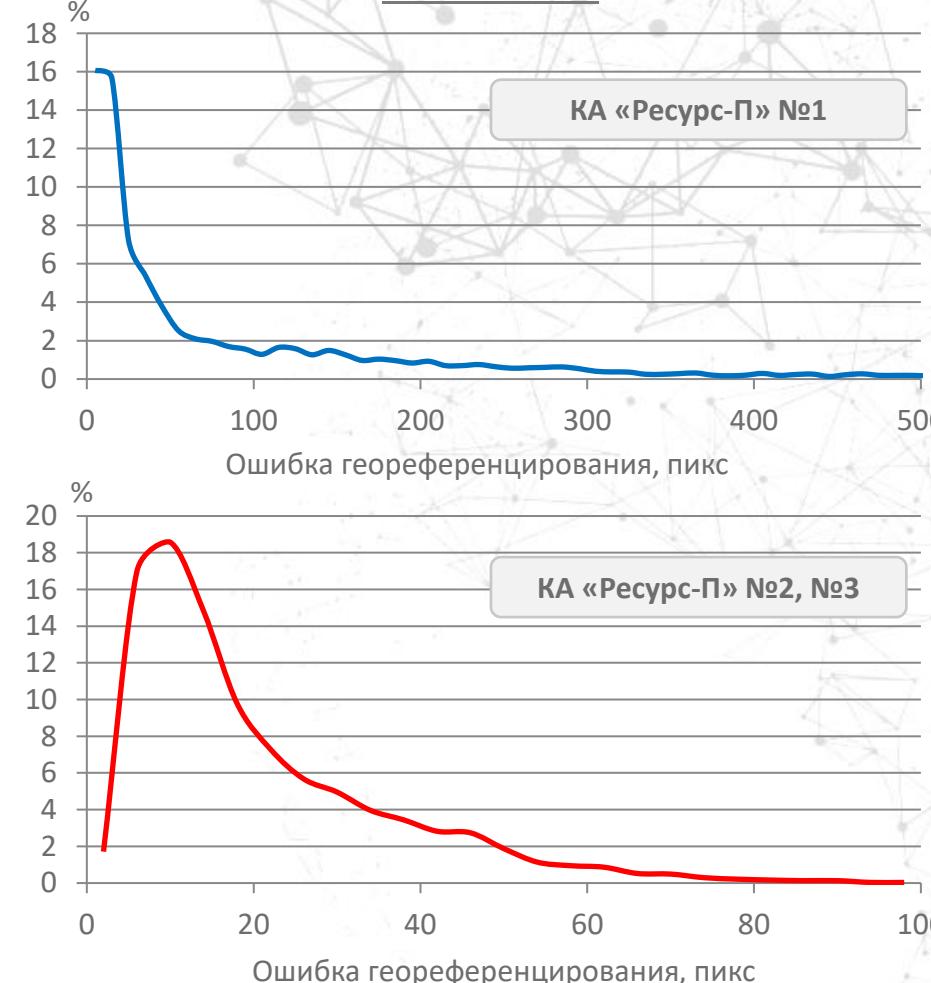


* Расчетная продолжительность каждого этапа формирования покрытия исходя из усредненного количества листов на субъект (500 листов).



Технологическая схема стандартной обработки данных

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЦЕН, ПРОШЕДШИХ ОЦЕНКУ КАЧЕСТВА*



Технология конвейерной стандартной обработки:

1. необходимость использования мощных вычислительных ресурсов и больших объемов для хранения данных;
2. совместное использование L1A и L0 данных;
3. разработка полного цикла обработки L0 данных;
4. геореференцирование – вычислительно сложная и времязатратная операция, требующая практически индивидуального выбора параметров обработки.



Узел стандартной обработки
 CPU: 2 x Intel Xeon Gold 6242,
 2.8 GHz, 16 Cores
 RAM: 640 GB
 GPU: 2 x NVidia V100

В среднем за сутки обрабатывается 10 маршрутов на указанных вычислительных ресурсах.

Отбор маршрутов

Выгрузка L1A/L0

Создание L1C, деление маршрута на сцены и геореференцирование

Создание L1D: ортотрансформирование

Создание PDN-продуктов

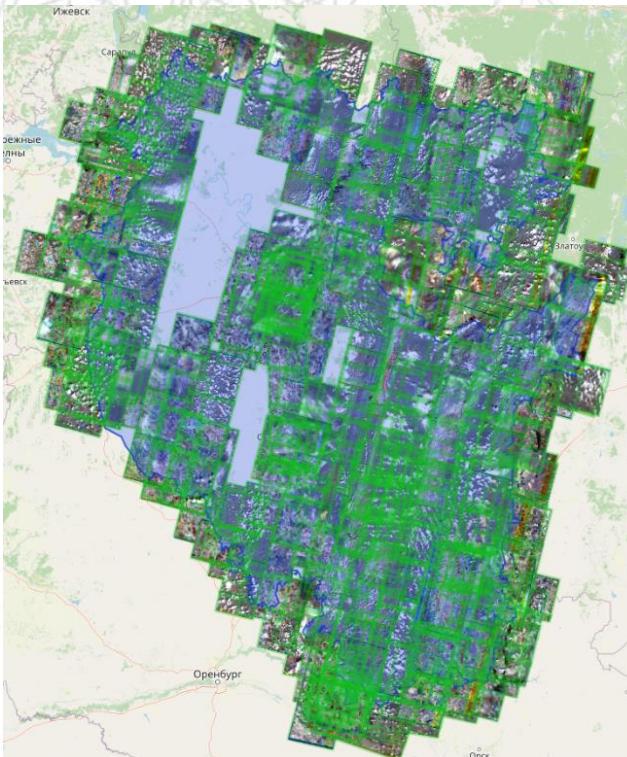
Переход из 16 в 8 бит
 Перепроектирование
 Сжатие DEFLATE

Аккумулирование PDN-данных на локальном буфере

Отбор данных для формирования покрытия

Критерии отбора данных

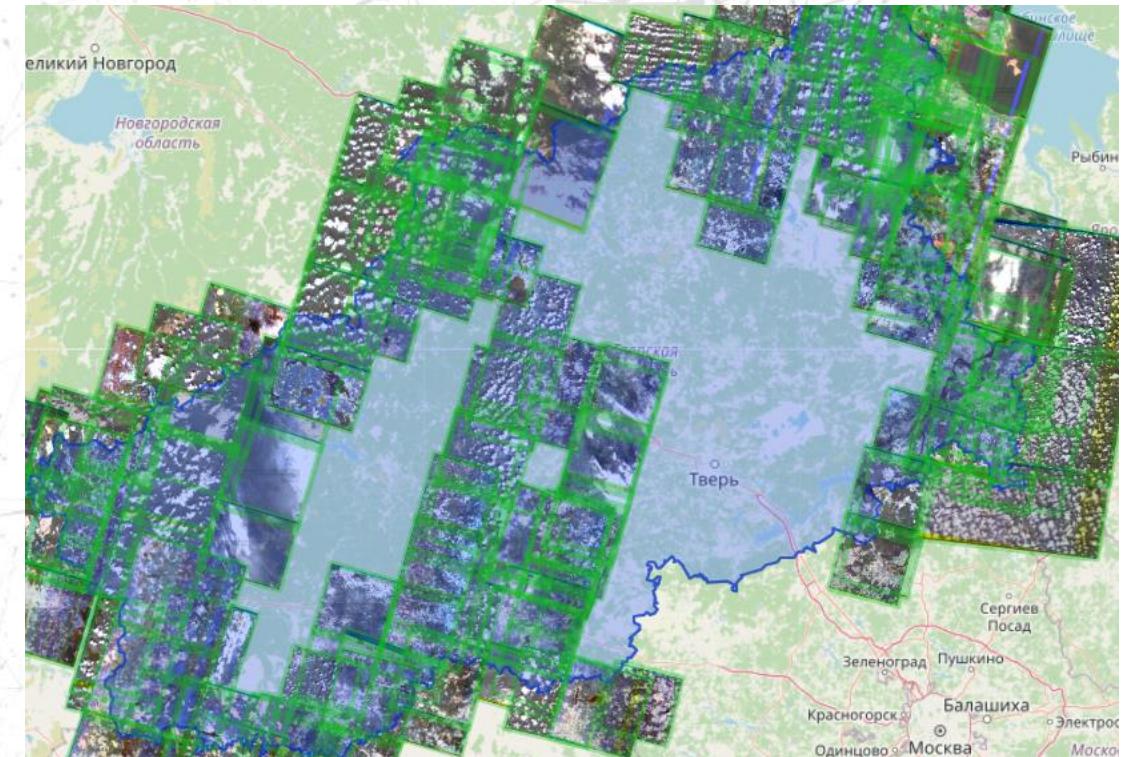
- космические аппараты: «Ресурс-П» №№ 1-3;
- даты съемки: май-октябрь 2013-2021 гг.;
- бесснежные и безоблачные данные.



Отбор сцен на территорию Республики Башкортостан в интерфейсе ЕК ББП*

Проблемы отбора данных

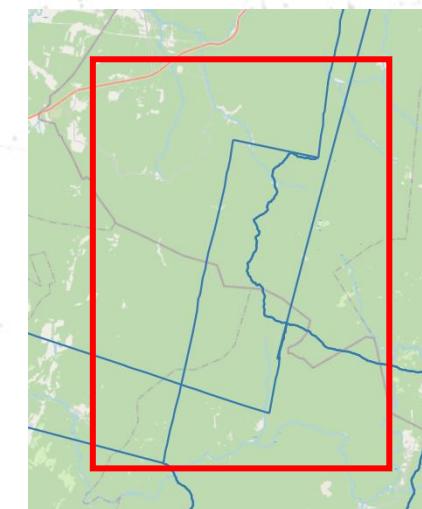
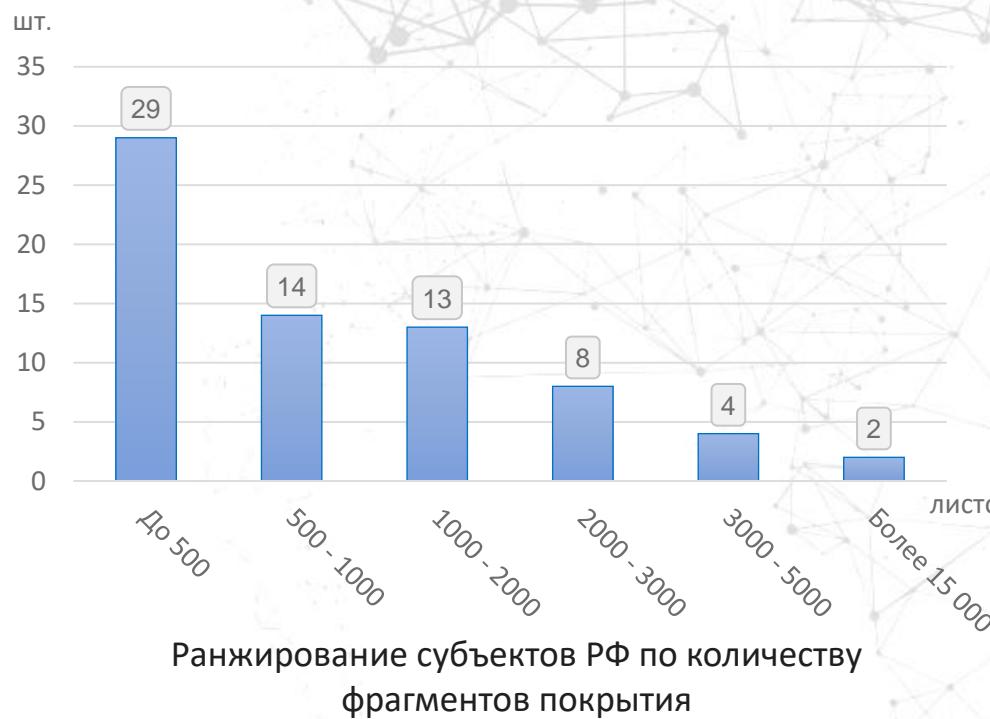
- ограниченное количество пригодных данных;
- использование данных с большими углами съемки;
- несплошное покрытие территорий субъектов РФ.



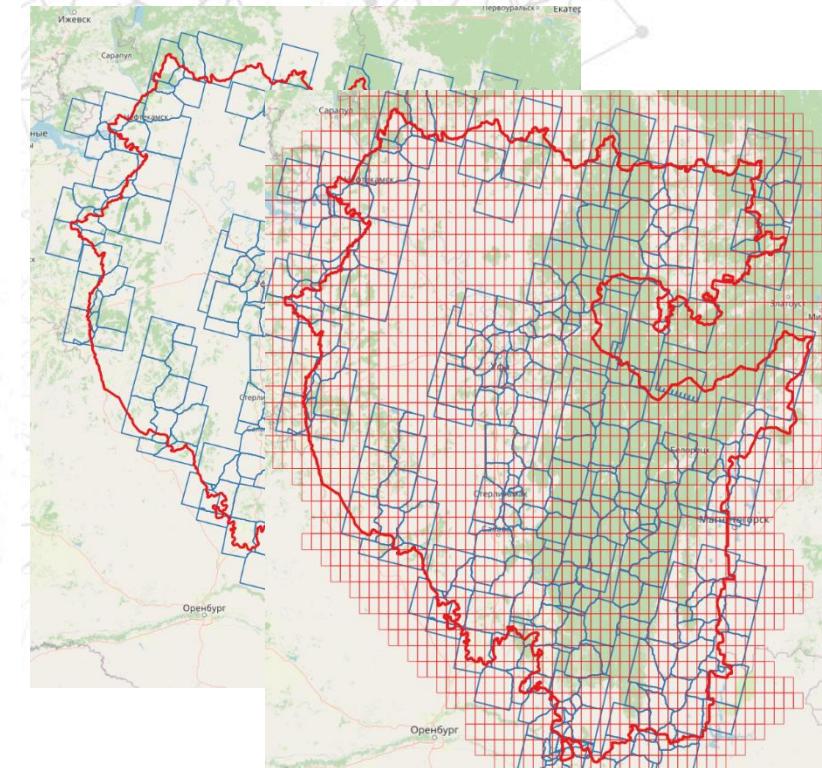
Отбор сцен КА «Ресурс-П» №1 – «Ресурс-П» №3 на территорию Тверской области в интерфейсе ЕК ББП*

Автоматическое создание покрытия

Для автоматического создания проекта разработано СПО, включающее: построение линий порезов* с учетом яркостных характеристик объектов местности, глобальное и локальное выравнивание яркости покрытия, нарезка на листы**.



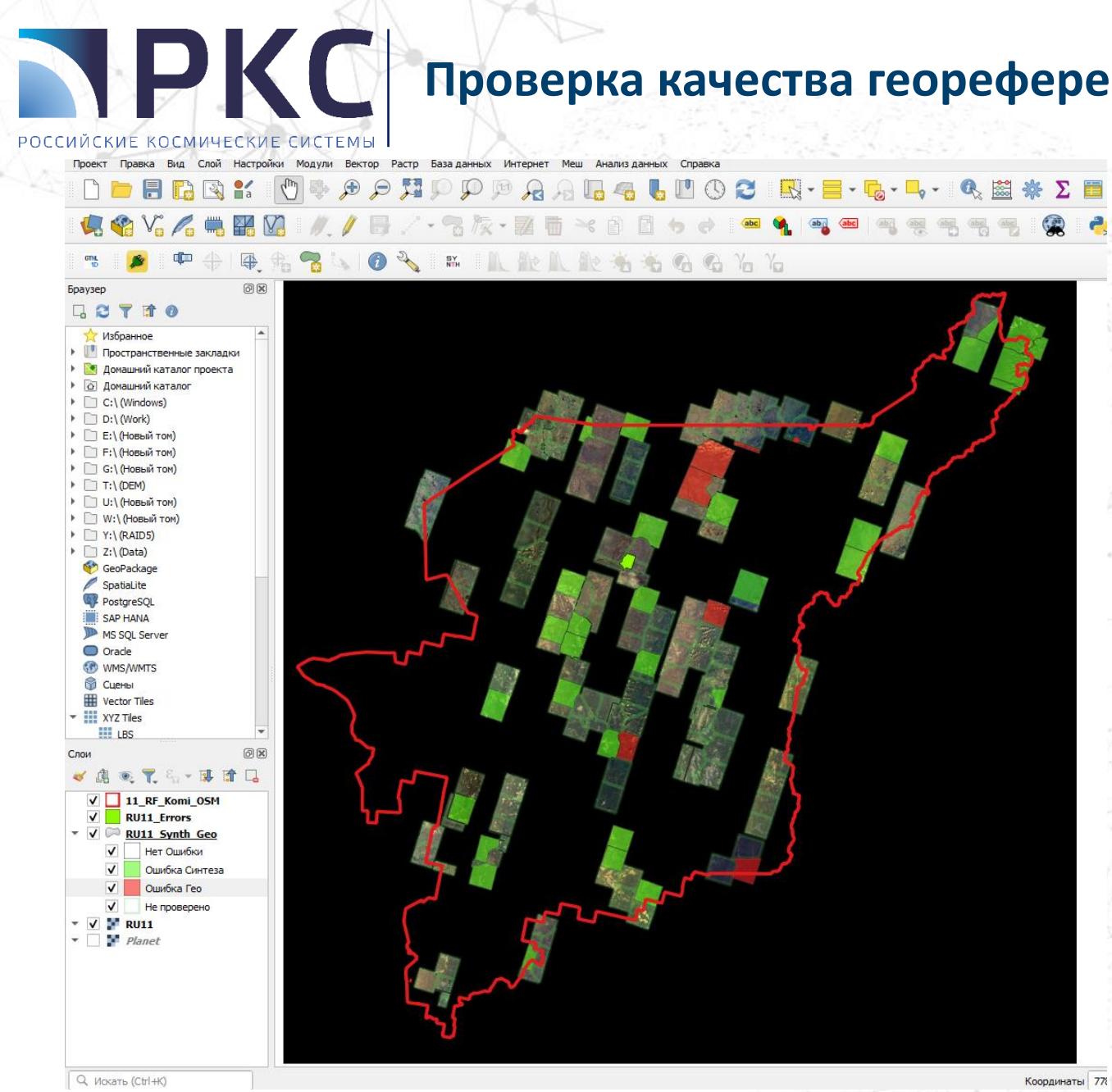
Пример некорректной топологии автоматически созданных порезов



Автоматическое создание линий порезов и листов

* Порезы – линии сшивки смежных сцен.

** Листы – единицы формирования покрытия.



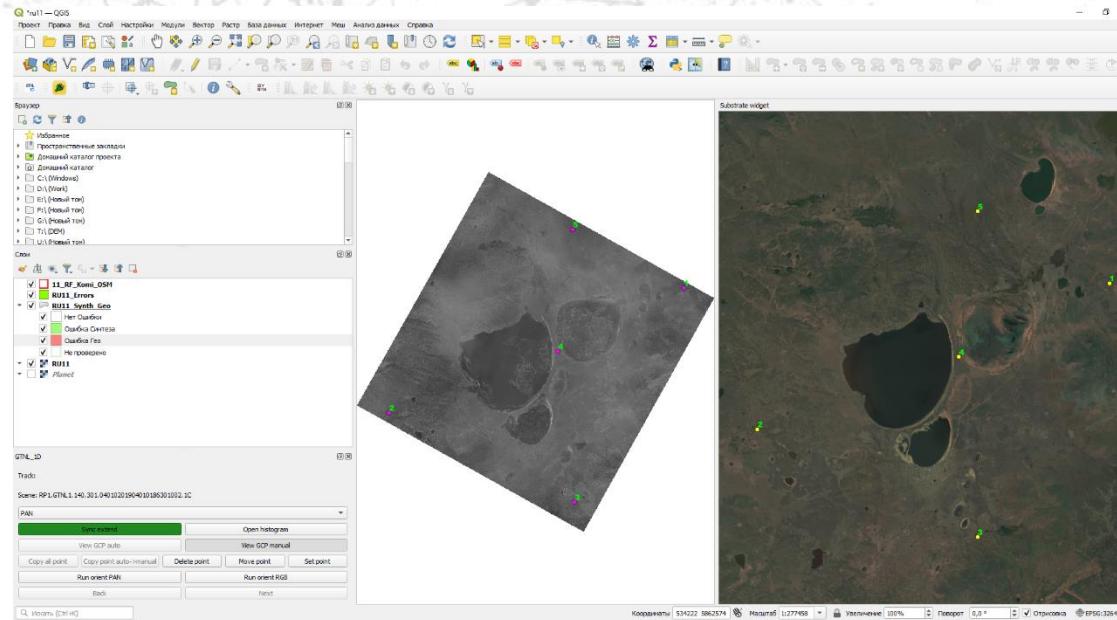
Результат автоматической проверки качества геореференцирования и его
валидация оператором

Результаты работы СПО автоматической оценки
качества геореференцирования проверяются
оператором, выделяются сцены с ошибками для
дальнейшего интерактивного исправления



Пример ошибки геореференцирования

Интерактивная проверка покрытия. Коррекция геопривязки и синтеза сцен



Модуль QGIS для интерактивного исправления ошибок геореференцирования

Для интерактивного исправления ошибок геореференцирования разработан модуль ГИС. В качестве опорного покрытия для набора опорных точек выступает бесшовное сплошное покрытие территории РФ комплексированными данными с КА типа «Канопус-В»*.



ПО для локальной полу-автоматической коррекции синтеза

* Марков А.Н., Васильев А.И., Крылов А.В., Михеев А.А., Пестряков А.А., Ромайкин С.В., Михаленков Р.А., Мурашова И.Д., Акимов А.А. Технология создания бесшовного сплошного покрытия территории России по данным космических аппаратов «Канопус-В» // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2024. Т. 21. № 5. С. 97-115.
DOI: 10.21046/2070-7401-2024-21-5-97-115.

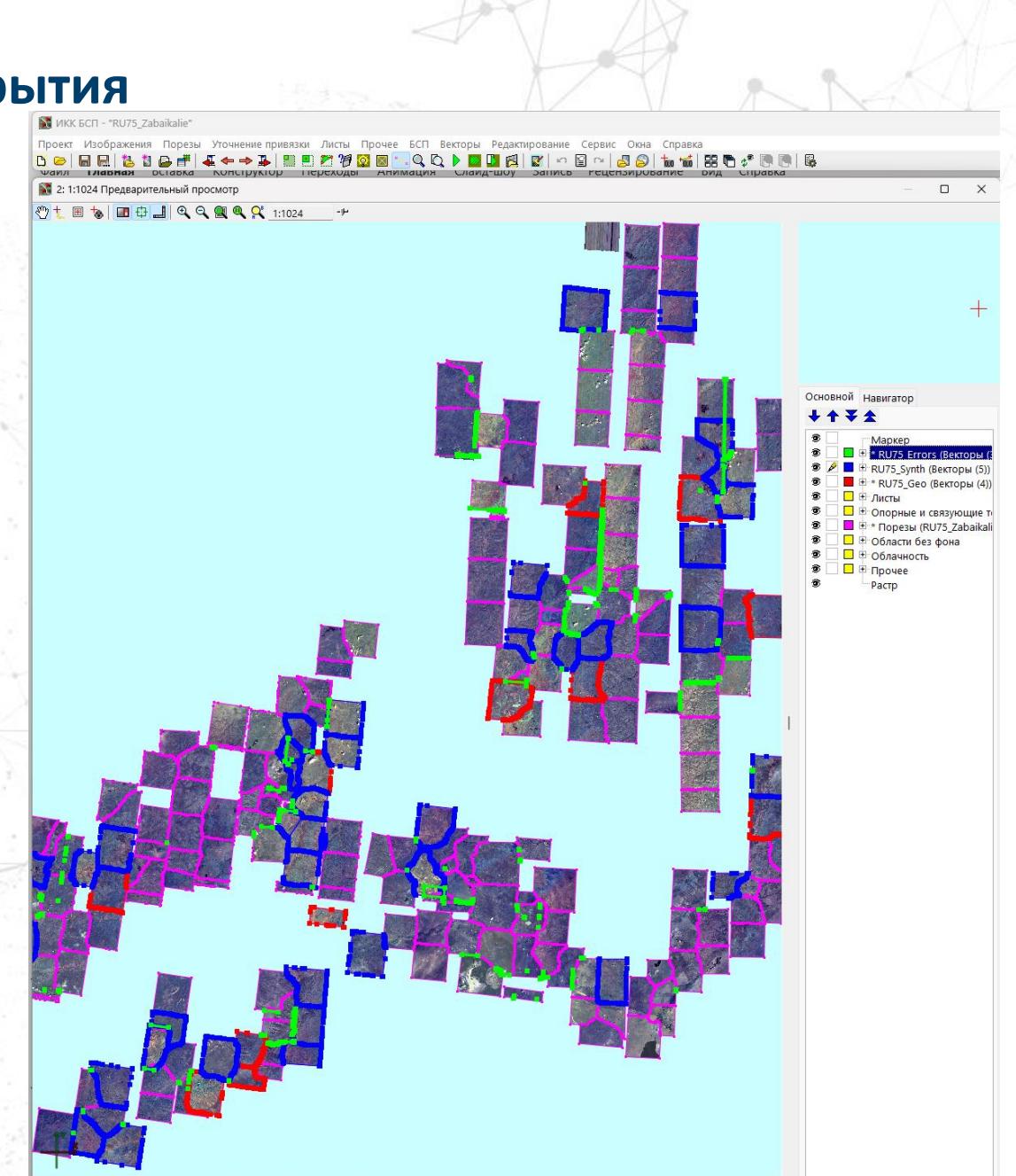
Интерактивная коррекция покрытия

Финальное исправление проекта покрытия на субъект РФ выполняется оператором в СПО. На этом этапе происходит:

- замена и контроль сцен с ошибками геореференцирования;
- замена и контроль сцен с ошибками синтеза спектральных каналов;
- коррекция автоматически созданных линий порезов;
- устранение артефактов исходных данных;
- яркостное локальное и глобальное выравнивание проекта;
- нарезка проекта на листы по специальной подобранный сетке.

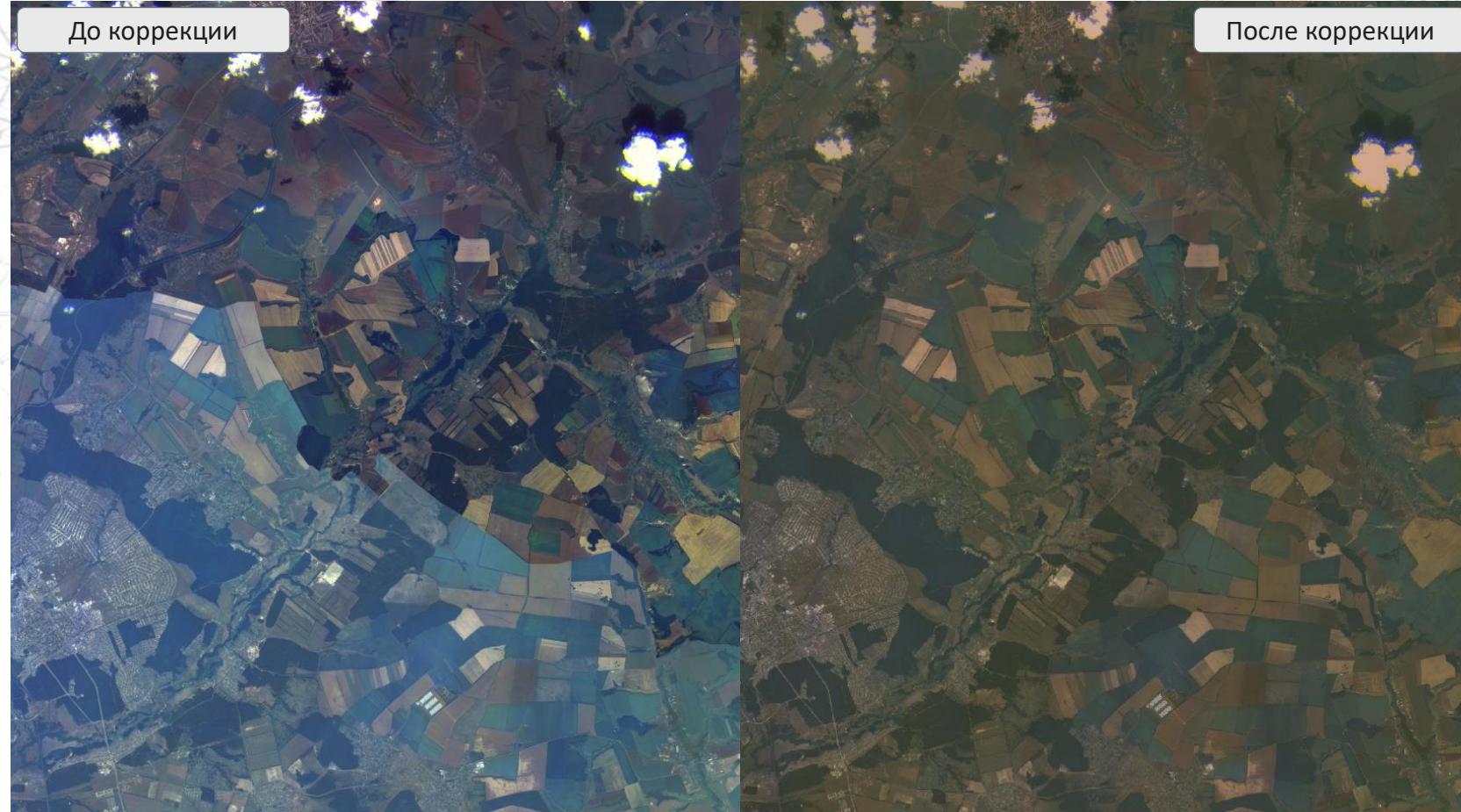
Ограничения СПО коррекции покрытия:

- ошибки локального выравнивания (требуют дополнительной коррекции порезов);
- не поддерживается распараллеливание формирования листов покрытия (в используемом базовом пакете);
- узкий инструментарий работы с линиями порезов.



Цветовая коррекция покрытия

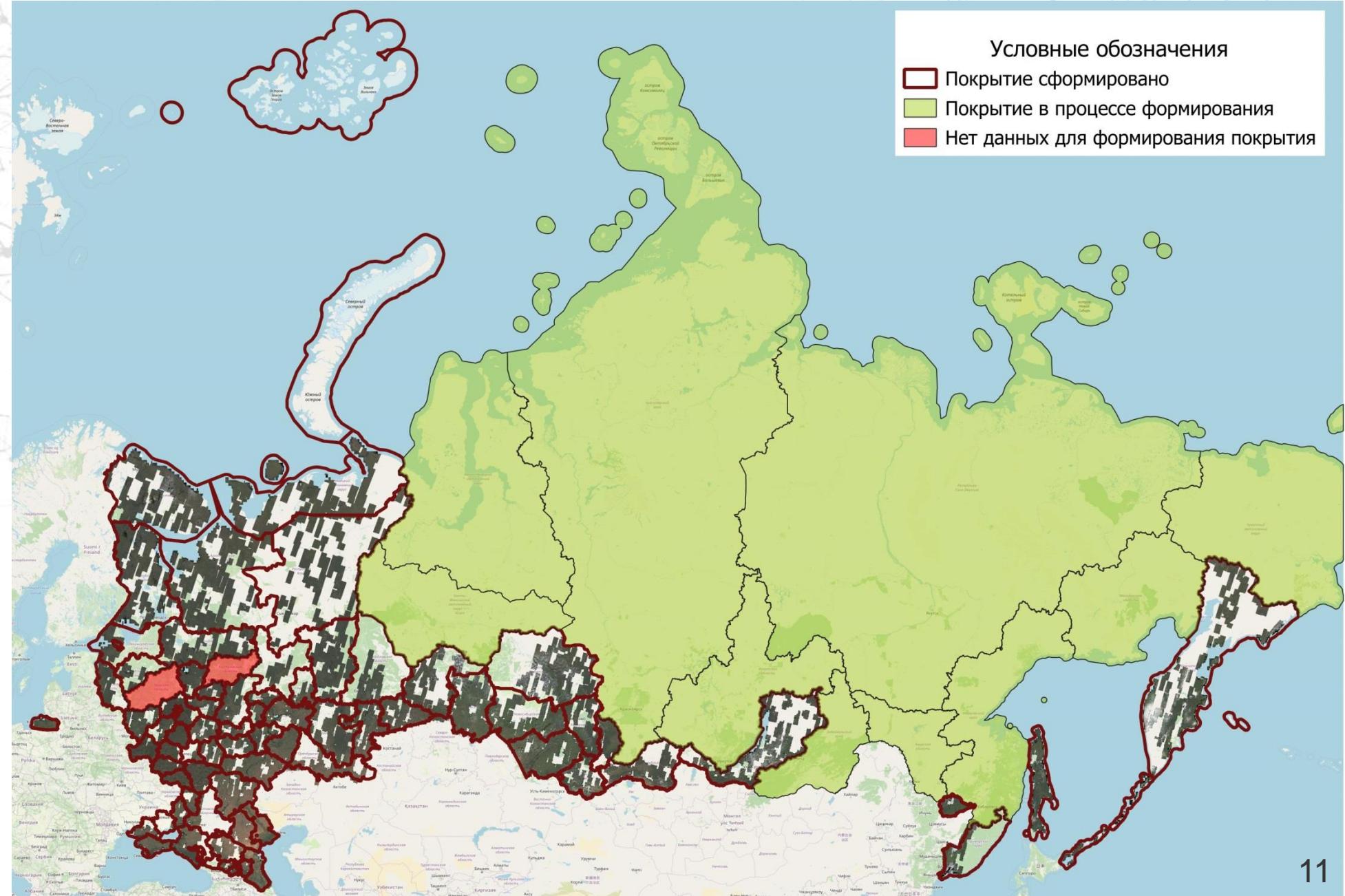
Покрытия отдельных субъектов имеют яркостные и цветовые различия. Для формирования тонально сбалансированного покрытия территории РФ* выполняется цветовая коррекция фрагментов покрытия, включающая глобальное выравнивание яркости с использованием опорного покрытия.



* Васильев А.И., Пестряков А.А., Михеев А.А., Мурашова И.Д. Особенности формирования тонально сбалансированного покрытия глобального уровня по данным КМСС КА «Метеор-М» // Материалы 20-й Международной конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса». Москва: ИКИ РАН, 2022. С. 85. DOI: 10.21046/20DZZconf-2022a.

Визуализация и представление

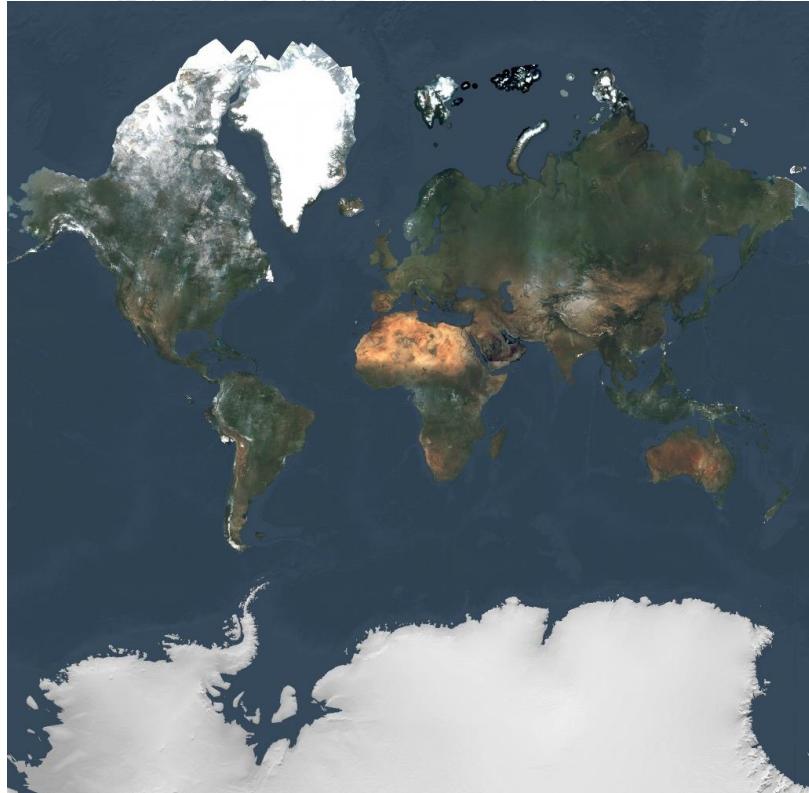
Доступ к покрытию осуществляется посредством геоинформационного веб-сервиса «Банк базовых продуктов»* или с использованием QGIS-плагина.



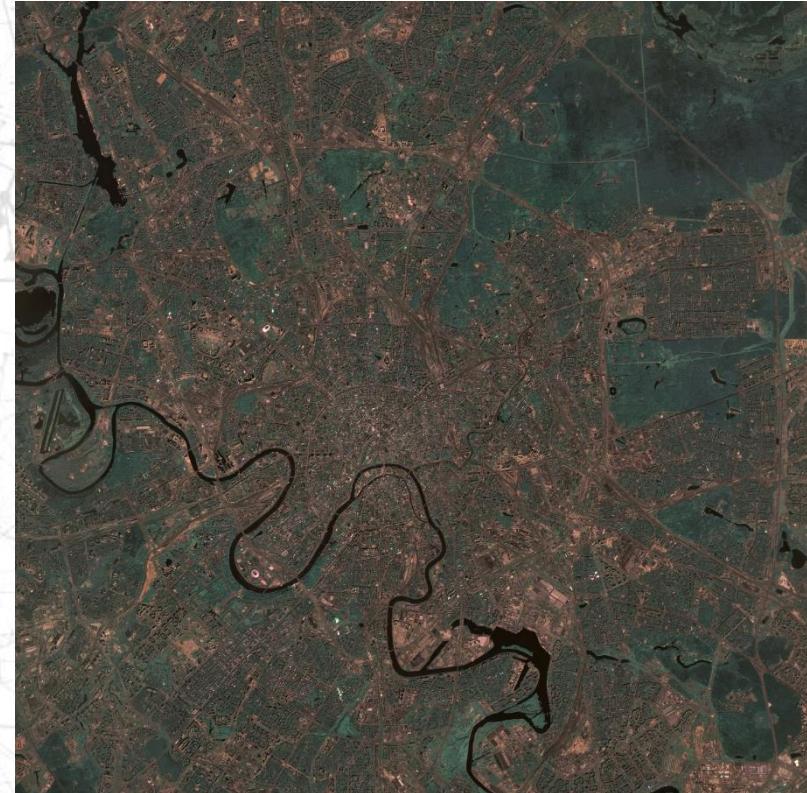
Основные выводы и результаты

1. По результатам анализа текущего архива формирование сплошного покрытия территории РФ по данным Геотон-Л1 КА «Ресурс-П» возможно с ограничениями по облачности и объемам используемых данных;
2. Значительный объем данных требует использования конвейерных технологий в части стандартной обработки и формирования покрытий регионов РФ (например, объем исходных данных для создания покрытия одного региона может составлять более 15ТБ);
3. Необходима разработка специализированных автоматических и автоматизированных технологий:
 - контроля качества данных архива съемки в части точности геопривязки и наличия артефактов;
 - контроля качества выходной продукции в части контроля синтеза спектральных каналов;
4. Сформированы бесшовные несплошные покрытия 76 регионов РФ. В 2026 году планируется:
 - завершение формирования покрытий регионов РФ по данным съемки КА «Ресурс-П» №№ 1-3;
 - обновление покрытий регионов РФ по данным съемки КА «Ресурс-П» №№ 4-5.

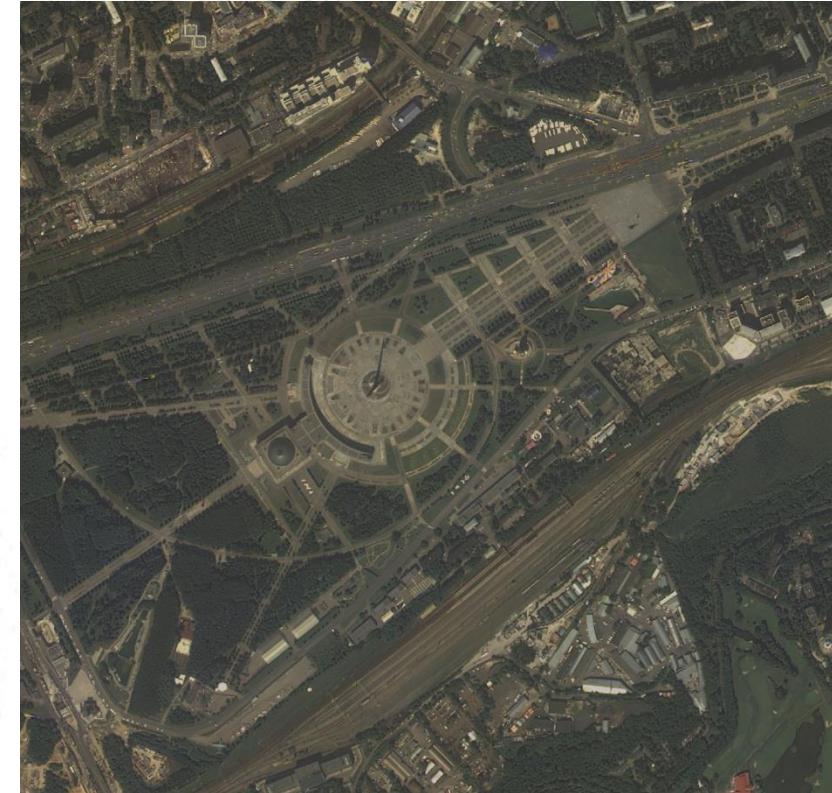
Перспективы интеграции в глобальную картографическую подложку



БСП по данным КА типа «Метеор-М»
аппаратуры КМСС
Zoom 0 - 11



БСП по комплексированным данным
КА типа «Канопус-В»
Zoom 11 - 16



БСП по комплексированным данным
КА типа «Ресурс-П»
Zoom 13 - 17

Спасибо за внимание!

